

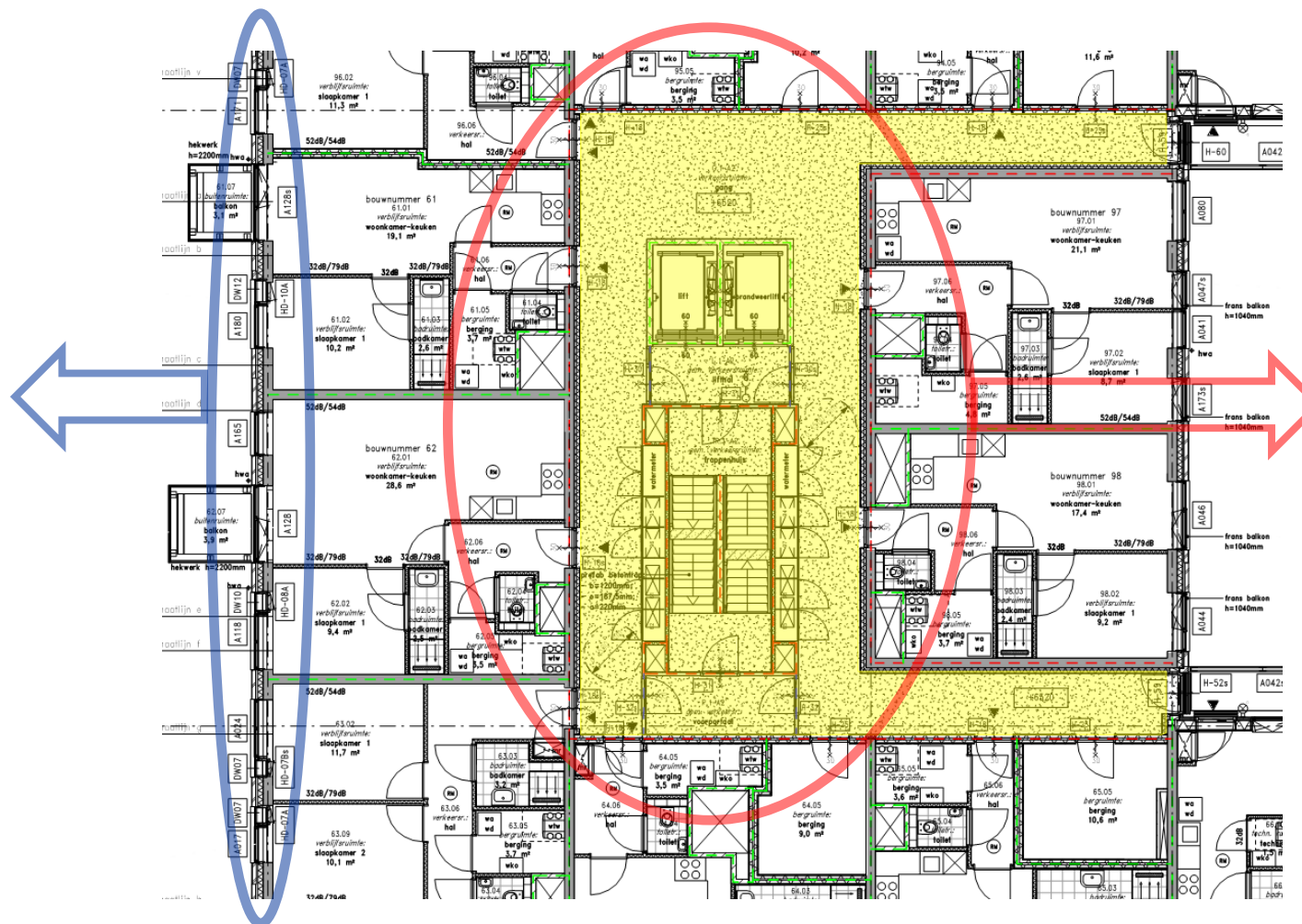
NVBV KENNISDAG 2024

KERN-BOUWFYSICA

JOS REIJNIERSE

Bouwfysische aspecten t.p.v. kern / inwendige scheiding woongebouw

Daglicht
Zontoetreding
Geluidwering
Brandoverslag
Brandklasse
Brandklasse
Regenwerendheid
Koudebruggen
Spuiventilatie
Thermische isolatie
Milieubelasting



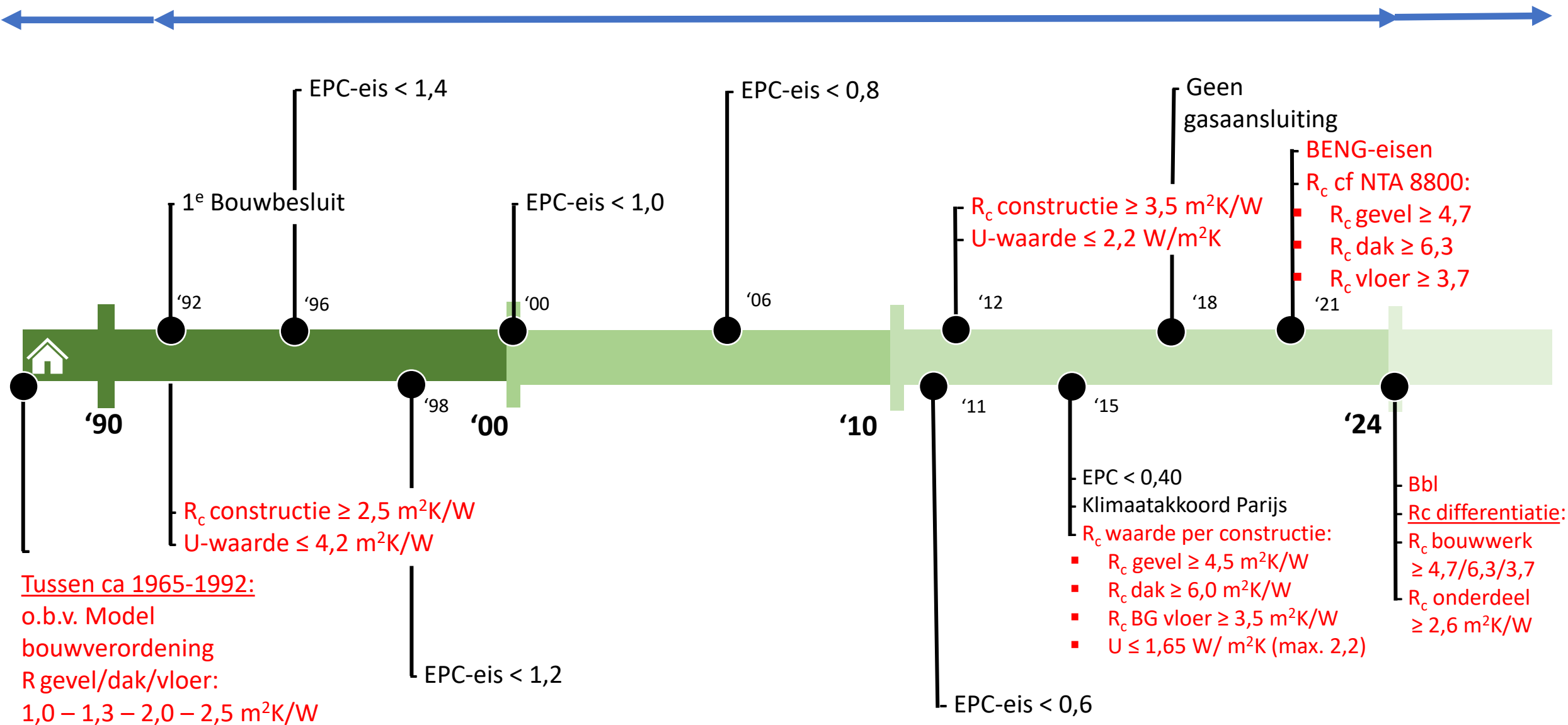
Geluidisolatie
Installatiegeluid
Brandwerendheid
Brandklasse
Koudebruggen
Ventilatie
Galm
Thermische isolatie
Milieubelasting

Ontwikkeling thermische isolatie eisen NL (nieuwbouw)

Modelbouwverordening tot '92'

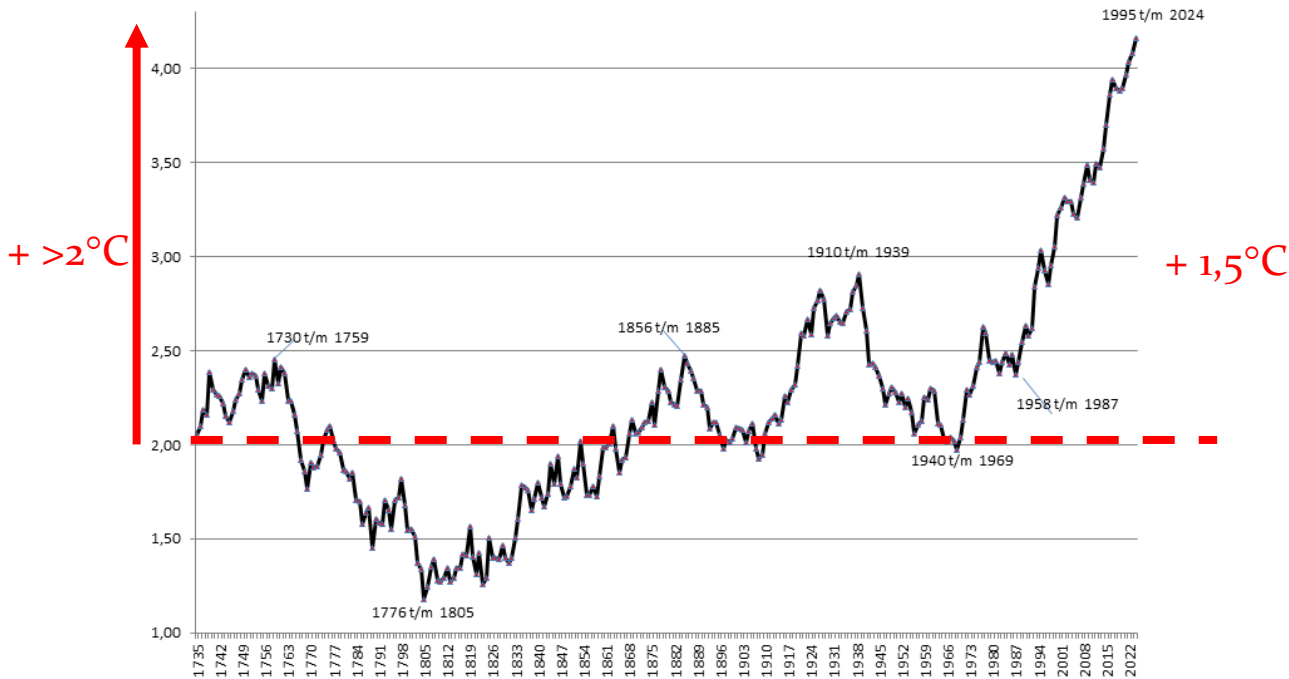
Bouwbesluit 1992-2023

Bbl 2024 -

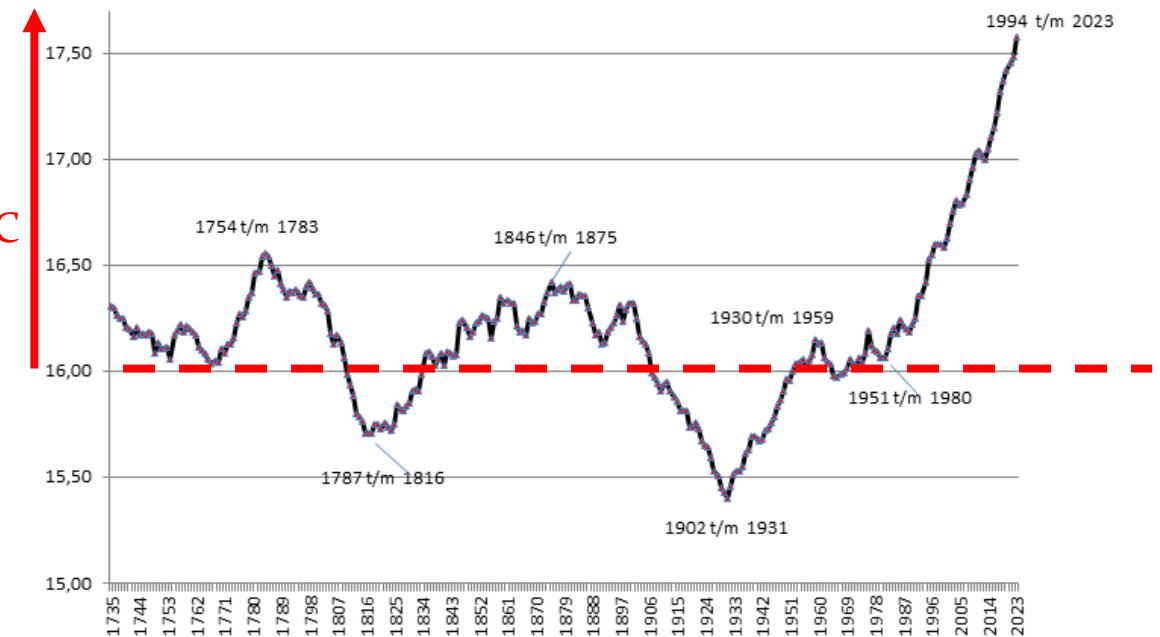


Ontwikkeling klimaat Nederland (1706-2023) > zomer+winter

Winter 30 jaar voortschrijdend gemiddelde temperatuur (1707 t/m 2024)



30-jaar Voortschrijdend gemiddelde van de Zomertemperatuur - 1706 t/m 2023



Bron: [Marcel's site - klimaat \(xs4all.nl\)](https://xs4all.nl) (o.b.v. gegevens KNMI)

Effectiviteit verhoging Rc-waarde / verlaging Uw (ramen) / raampercentage gevel

$U_w = 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ (HR++ glas 1,0-1,2)

$U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (triple glas 0,6-0,9)

$U_w = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (vacuüm glas 0,4-0,7)

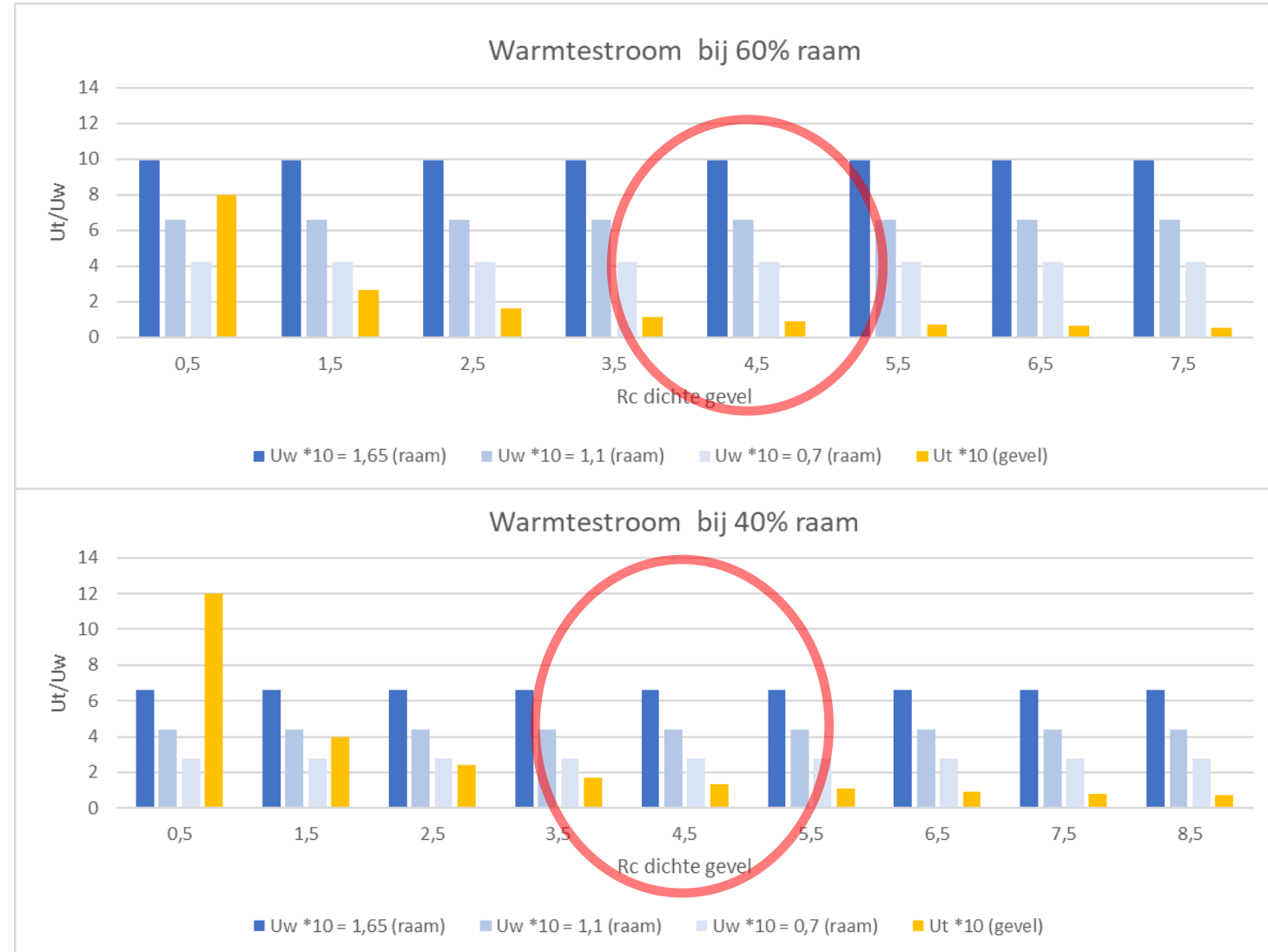
$U_t > R_c\text{-gevel} = 0,5 \leftrightarrow 8,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

Grote impact warmtestroom gevel:

- Raampercentage
- U_w (glas+kozijn+afstandhouders)
- *Luchtdichtheid*
- *Thermische bruggen (ψ -waarden)*
- *Oriëntatie glas + g-waarde / screens*
- *Thermische massa*

Kleine impact warmtestroom gevel:

- Rc-verhoging B_{bl+} ($>4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$)



Warmteverliezen door raam

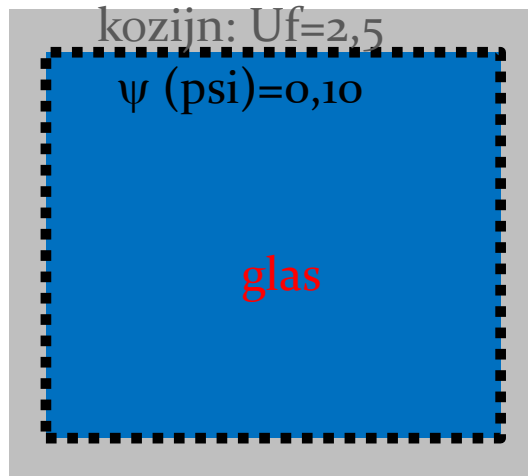
Impact op warmtestroom door raam:

- glas-kozijn verhouding (70-90% glas)
- Uframe (0,75-3 W/m²K) > hout-alu-kunststof
- Uglas (0,4-1,2 W/m²K) > vacuüm - triple - HR++
- Afstandhouder glas ψ -waarde (0,04-0,10 W/mK)

Voorbeeld raam 1 x 1 m met 75% glas - 25% kozijn

A1: Uglas = 1,2 W/m²K / Uframe = 2,5 W/m²K $\psi = 0,10$

A2: Uglas = 0,7 W/m²K / Uframe = 2,5 W/m²K $\psi = 0,10$



Warmtestroom

A1: $\varnothing \approx 18,5$ W

A2: $\varnothing \approx 15$ W

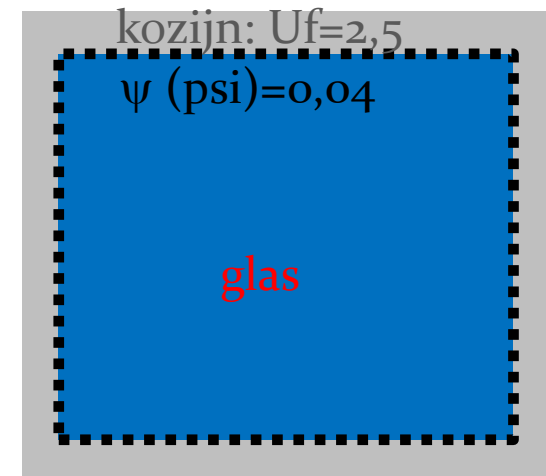
Conclusie:

- Verbetering HR++ naar triple glas ($A_1 > A_2 + B_1 > B_2$):
reductie warmtestroom ca. 20-27%
- Verbetering kozijn+afstandhouders ($A > B$):
reductie warmtestroom ca. 30-37%
- Optimalisatie gehele raam ($A_1 > B_2$):
reductie warmtestroom ca. 51%

Voorbeeld raam 1 x 1 m met 75% glas - 25% kozijn

B1: Uglas = 1,2 W/m²K / Uframe = 1,2 W/m²K $\psi = 0,04$

B2: Uglas = 0,7 W/m²K / Uframe = 1,2 W/m²K $\psi = 0,04$



Warmtestroom

B1: $\varnothing \approx 13$ W

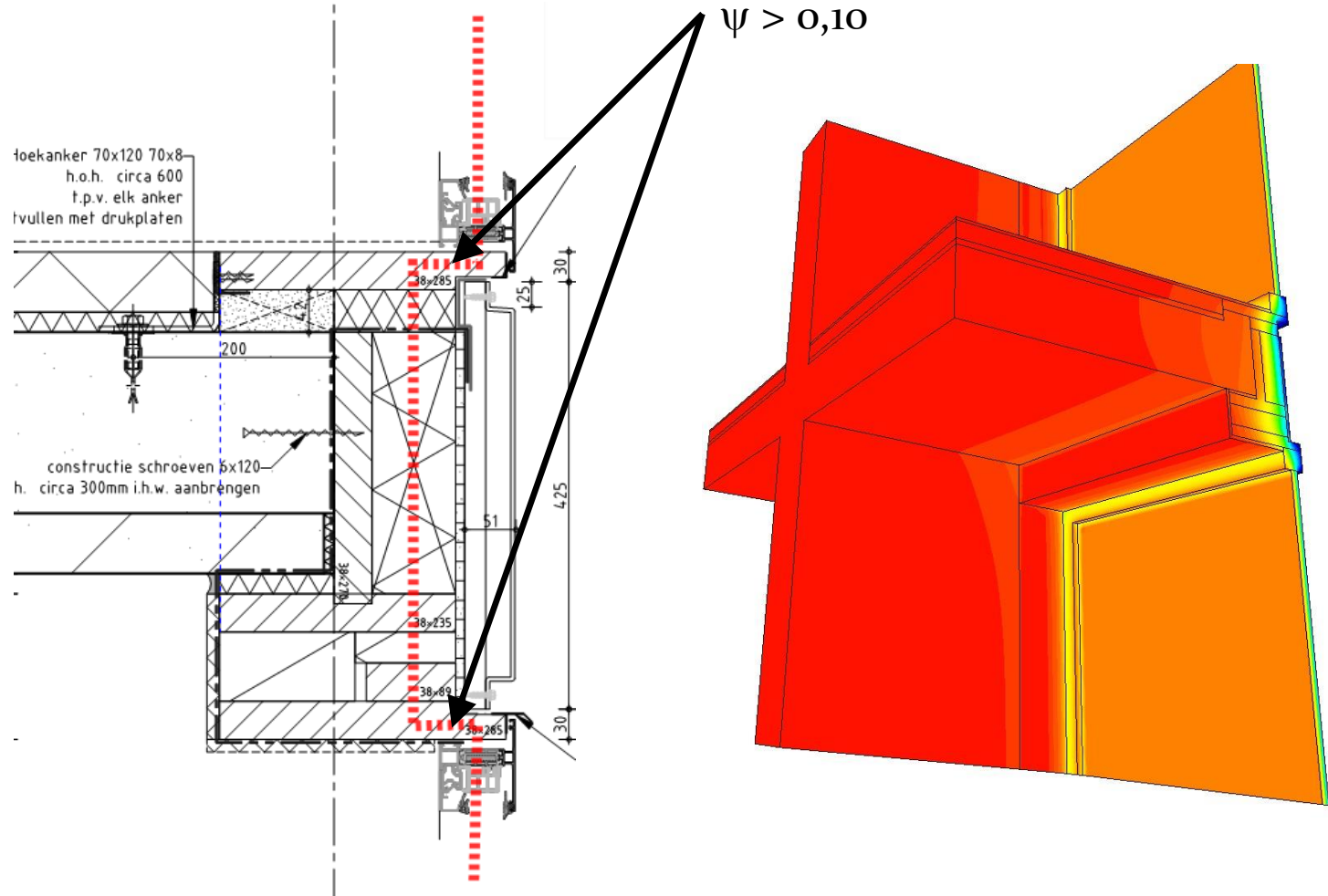
B2: $\varnothing \approx 9,5$ W

Warmteverliezen t.p.v. aansluiting raam-gevel

Impact aansluiting kozijn-gevel:

- Aansluiting raam-gevel
 ψ -waarde (0,03-0,25 W/mK)
- NTA 8800: 0,09-0,25 (forfaitair)
- SBR-details: ca 0,03-0,06
- **$U_w = 1,65$ i.c.m. $\psi = 0,10 >$
24% extra warmteverlies!**
- **$U_w = 1,1$ i.c.m. $\psi = 0,10 >$
36% extra warmteverlies!**
- **$U_w = 1,1$ i.c.m. $\psi = 0,03 >$
11% extra warmteverlies!**

ψ (psi) kozijn-gevel

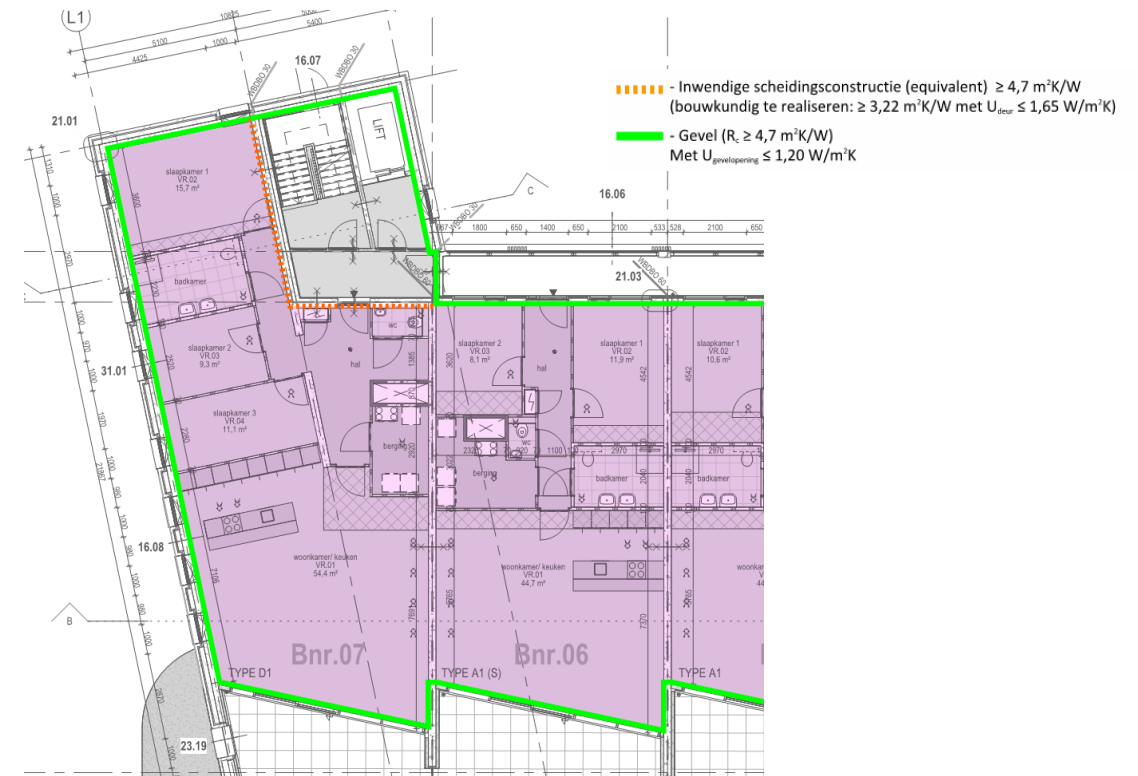
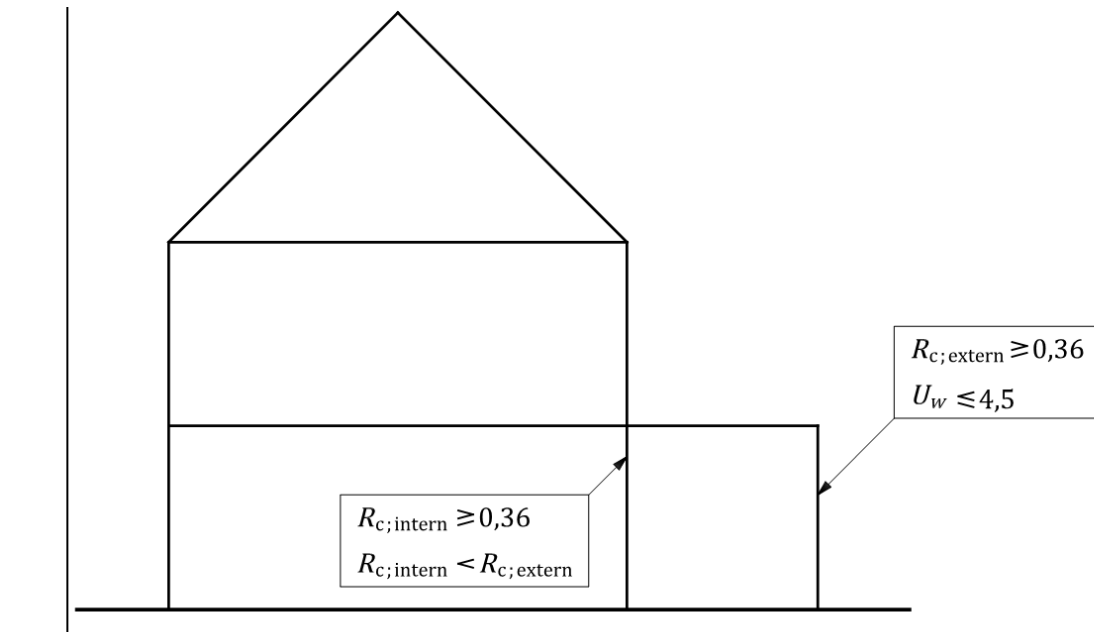


Eisen Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) per 1-1-2024

Afdeling 4.4 Bbl (Duurzaamheid):

- Art. 4.152 lid 1 t/m 10 (thermische isolatie, warmteweerstand)
 - Gemiddelde warmteweerstand van het bouwwerk (lid 1,3,5,6), uitwendige scheidingsconstructie:
 R_c gevel $\geq 4,7$ / R_c dak $\geq 6,3$ / R_c BG vloer $\geq 3,7$ (eisen gelden voor verblijfsgebied, toiletruimte of badruimte)
 - Nieuw per 1-1-2024: Onderdeel van een uitwendige scheidingsconstructie (lid 1,3,5,6: gevel, dak of BG vloer) van een VG, toilet of badruimte: **$\geq 2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$**
 - Inwendige scheidingsconstructie (lid 8):
‘een inwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte en een ruimte die niet wordt verwarmd of die alleen wordt verwarmd voor een ander doel dan het verblijven van personen, heeft een volgens NTA 8800 bepaalde warmteweerstand van’:
 - ten minste $2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$ - EN - gemiddeld $4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- Toelichting op art. 4.152: ongewijzigd t.o.v. Bouwbesluit 2012:
 - Berekening gemiddelde warmteweerstand + onderdeel v.e. scheidingsconstructie niet nader toegelicht.
 - T.a.v. lid 8 (inwendige scheidingsconstructie): ***‘Hiermee wordt tot uitdrukking gebracht dat er naast functieruimten ook andere ruimten zijn die niet worden verwarmd of beperkt worden verwarmd.’***
Toelichting Bouwbesluit 2012: bij bepalen R_c -waarde binnenwand hierbij rekening houden met aansluitende constructieonderdelen v.d. aangrenzende (onverwarmde) ruimten.
- Art. 4.153 lid 1 t/m 3 (thermische isolatie, warmtedoorgangscoefficient)
 - Ramen, deuren en kozijnen: $U \leq 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, gemiddelde bouwwerk $U \leq 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ (methode opgenomen in lid 3)

Bbl eisen <> beslisschema ISSO 82.1 (2024) / NTA 8800:2024 (BENG)



NTA 8800:2024 (tabel 6.5) > voorwaarden aangrenzende ruimte wel/niet meenemen binnen thermische zone
 Relevant voor BENG-berekening (begrenzing thermische zone)

Uitwerking Bbl: begrenzing woning-gem. verkeersruimte > eis aan inwendige scheidingsconstructie
 Optimalisatie R_c -waarde intern mogelijk met equivalente R_c -berekening conform NTA 8800

Toelichting berekening Rc-equivalent (inwendige scheidingsconstructie)

Bijlage C (C.1.3), NTA 8800:2024 (voorheen opgenomen in NPR 2068 / NEN 7120)

‘Equivalenten warmteweerstand van een (constructie)onderdeel dat een verwarmde ruimte afscheidt van een onverwarmde ruimte, R_{eq} ’

$$R_{eq} = \frac{1}{U_{iu;eq}} - R_{si} - R_{se} \quad U_{iu;eq} = U_c \times b_U$$

U_c = warmtedoorgangscoefficient v.e. constructieonderdeel (W/m²K)

b_U = dimensieloze reductiefactor

$$b_U = \frac{H_{ue}}{(H_{ue} + H_{zi,j;ztu})} \quad H_u = H_{zi,j;ztu} \times b_U$$

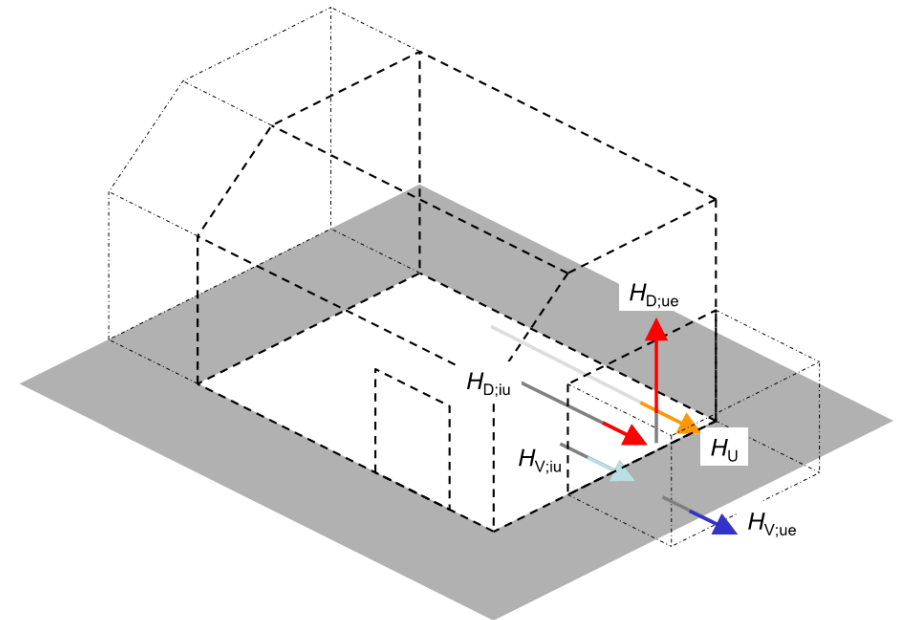
H_u = warmteverliescoefficient verwarmd – onverwarmd (W/K)

$H_{ue} = H_{D;ue} + H_{V;ue}$ > warmteverliescoefficient onverwarmd naar buitenomgeving (W/K)

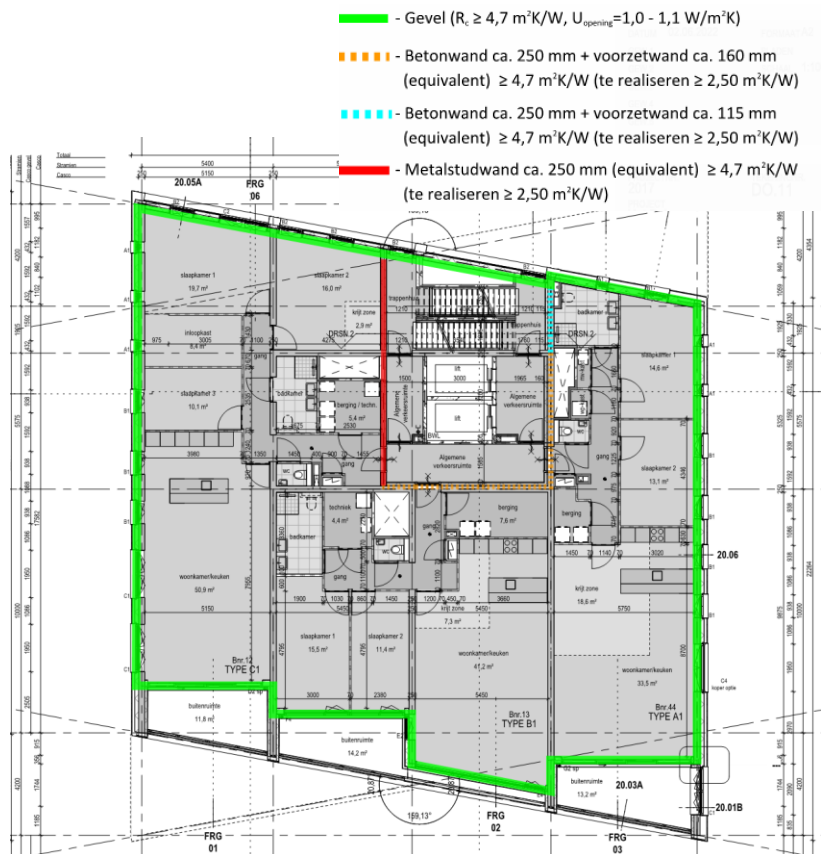
$H_{zi,j;ztu} = H_{D;iu} + H_{V;iu}$ > warmteverliescoefficient verwarmd naar onverwarmd (W/K)

H_D = transmissie-component / H_V = ventilatie&infiltratie-component (W/K)

Transmissie-component H_D bepaalt conform 8.2.1, inclusief thermische bruggen.



Voorbeeldberekening kern woongebouw (1)



H _{0,1,2,3,4} Verwarmd - onverwarmd									
Constructies	A _{F,1} [m ²]	R _c [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	U _{ci} [W/m ² K]	A _T ·U _{ci} [W/K]	U _{h,req} [W/m ² K]	R _{eq} [m ² K/W]	
1 Deuropervlak	147,31				1,65	243,06	0,57	1,70	
2 Betonwand ca.250 mm + voorzetwand	787,17	2,50	0,13	0,04	0,37	294,82	0,13	7,51	
3 Metalstudwand ca. 250 mm	421,82	2,50	0,13	0,04	0,37	157,98	0,13	7,51	
4 Vloer boven onverwarmde ruimte	70,22	2,50	0,17	0,04	0,37	25,91	0,13	7,58	
	1426,52					Σ(i) = 721,78			

Thermische bruggen	l _k [m]	Positie nr. [-]	ψ _k [w/mK]	l _k ·ψ _k [W/K]
1 Deurkozijn bovendorpel	61,38	56	0,10	6,14
2 Deurkozijn onderdorpel	61,38	56	0,10	6,14
3 Deurkozijn stijlen	283,20	55	0,09	25,49
4 Wandwand	117,16	51	0,64	74,98
5 Wand/vloer	545,26	51	0,64	348,97
	1068,38			Σ(k) = 461,71

$$H_{0,1,2,3,4} = 1183,49$$

$$H_{V,1,2,3,4} = 0,00$$

$$H_{0,1,2,3,4} = 1183,49$$

H _{0,5,6} Onverwarmd - buiten									
Constructies	A _{F,1} [m ²]	R _c [m ² K/W]	R _{si} [m ² K/W]	R _{se} [m ² K/W]	U _{ci} [W/m ² K]	A _T ·U _{ci} [W/K]			
1 Vloer op grond	38,62	3,70	0,17	0,04	0,26	9,88			
2 Dak	73,21	6,30	0,1	0,04	0,16	11,37			
3 Deur naar stallingsruimte	10,06				1,65	16,60			
4 Wand naar bergingen/stallingsruimte	107,85	4,70	0,13	0,04	0,21	22,15			
5 Gevelopening (kunstof kozijnen)	109,22				1,10	120,14			
6 Gevel	411,65	4,70	0,13	0,04	0,21	84,53			
7 Vloer boven kelder	93,66	4,70	0,17	0,04	0,20	19,08			
8 Vloer boven buiten	10,20	6,30	0,17	0,04	0,15	1,57			
	854,47					Σ(i) = 285,30			

Thermische bruggen	l _k [m]	Positie nr. [-]	ψ _k [w/mK]	l _k ·ψ _k [W/K]
1 Opening, bovenregel	46,20	56	0,10	4,62
2 Opening, onderregel	46,20	54	0,15	6,93
3 Opening, stijlen	230,12	55	0,09	20,71
4 Wand/wand buiten	162,22	1	0,14	22,71
6 Wand/vloer buiten	195,97	65	0,36	70,55
7 Wand/dak	51,95	70	0,19	9,87
	732,66			Σ(k) = 135,39

$$H_{0,5,6} = 420,70$$

$$H_{V,5,6} = 210,35$$

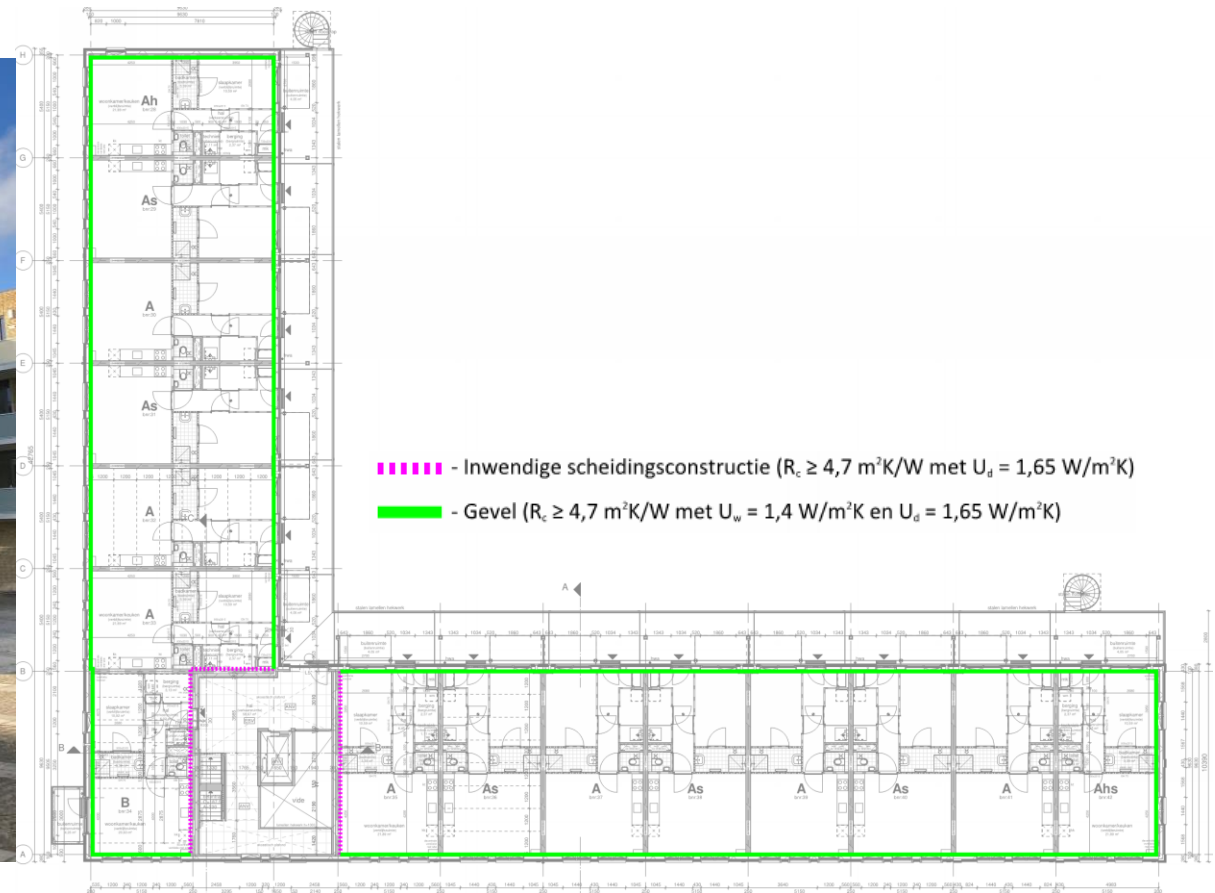
$$H_{0,5,6} = 631,04$$

B _u Reductiefactor	
B _u =	$\frac{631,04}{631,04 + 1183,49}$
B _u =	0,347771368

Half inpandig gelegen kern:

- reductiefactor $b_u \approx 0,35$
- R_c inwendig $\geq 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ / $R_{eq} > 4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$

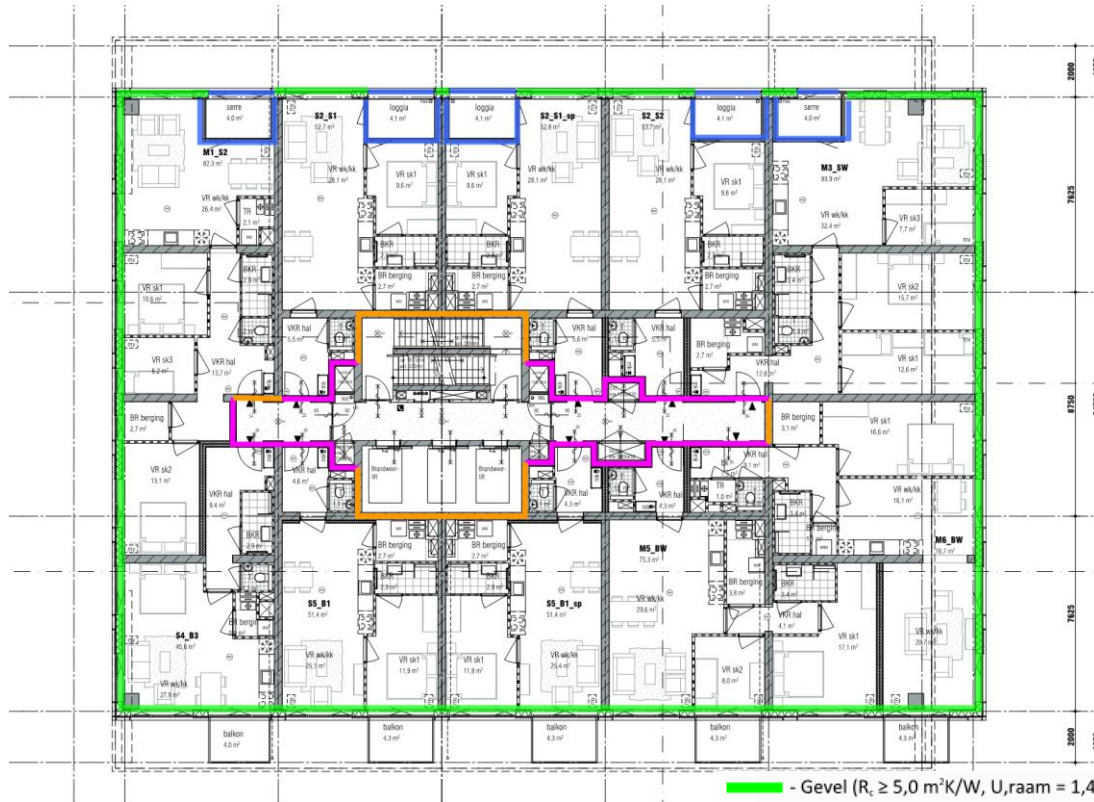
Voorbeeld kern woongebouw (2)



Half inpandig gelegen kern:

- reductiefactor b_u circa 0,5 (niet berekend)
- R_c inwendig $\geq 4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ > beperkte reductie mogelijk tot ca 3,0-3,5 $\text{m}^2\text{K/W}$

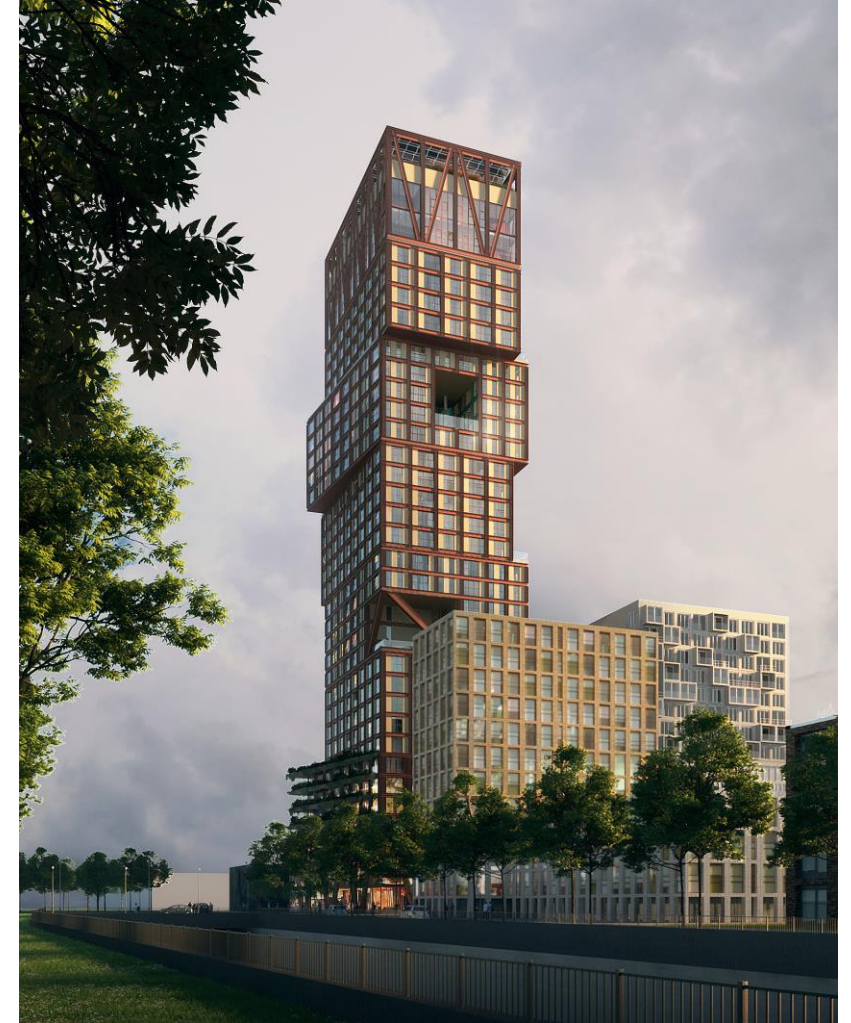
Voorbeeld kern woongebouw (3)



- - Gevel ($R_c \geq 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, $U_{\text{raam}} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- - Binnen/buiten gevel tpv serre ($R_c \geq 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, $U_{\text{raam}} = 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- - Inwendige scheidingswand ($R_c \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- - Inwendige betonwand $d=300 \text{ mm}$ ($R_{c,\text{equiv}} \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ - gerealiseerd $R_c \geq 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- - Metalstudwand $d=250 \text{ mm}$ ($R_{c,\text{equiv}} \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ - gerealiseerd $R_c \geq 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)

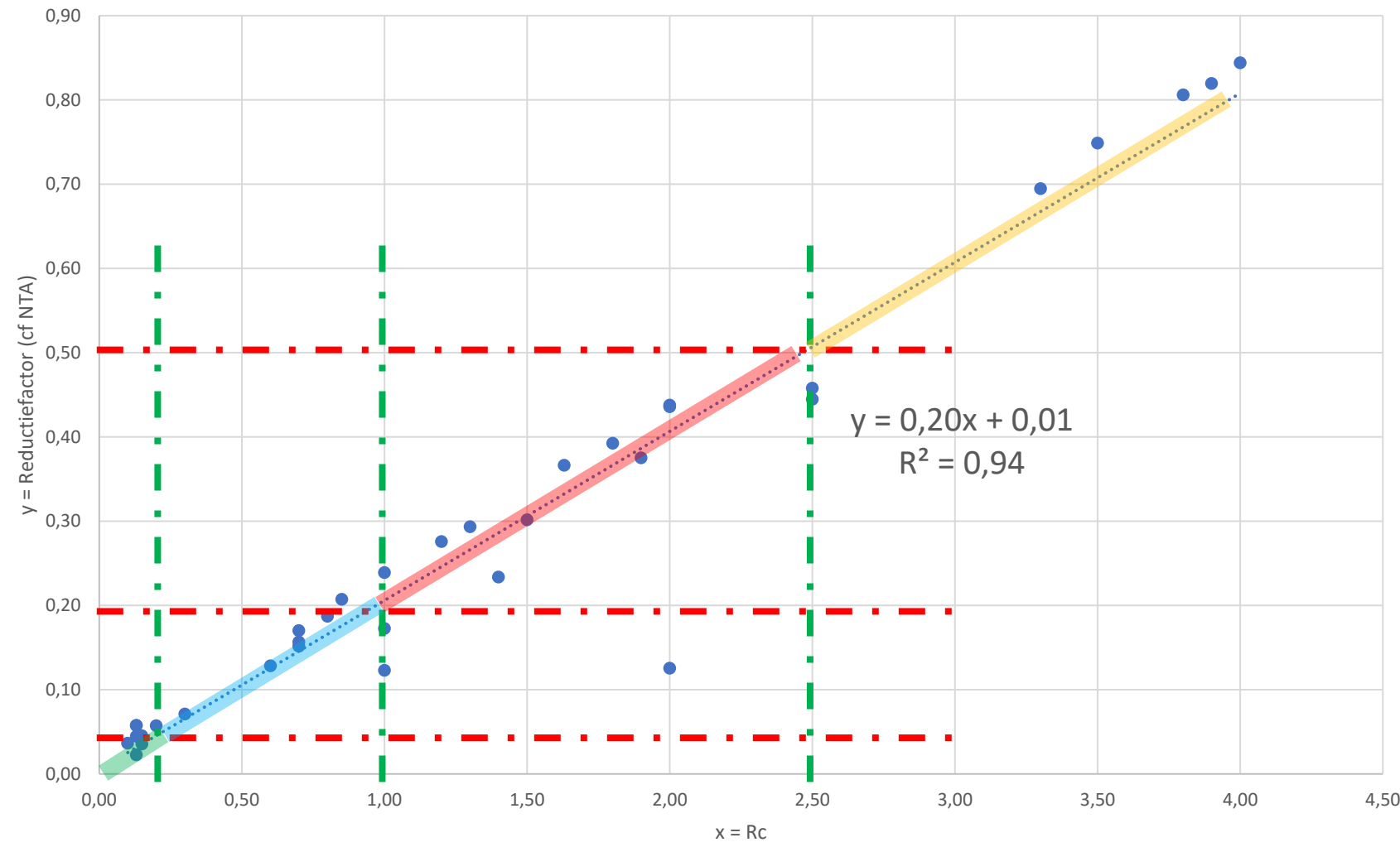
Volledig inpandig gelegen kern:

- reductiefactor $b_u = 0,04$
- R_c inwendig $\geq 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ / $R_{eq} > 8,9 \text{ m}^2\text{K/W}$



Verband reductiefactor b_u versus benodigde Rc-inwendig

Verband Rc tov reductiefactor waarbij $R_{c_{eq}} > 4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$

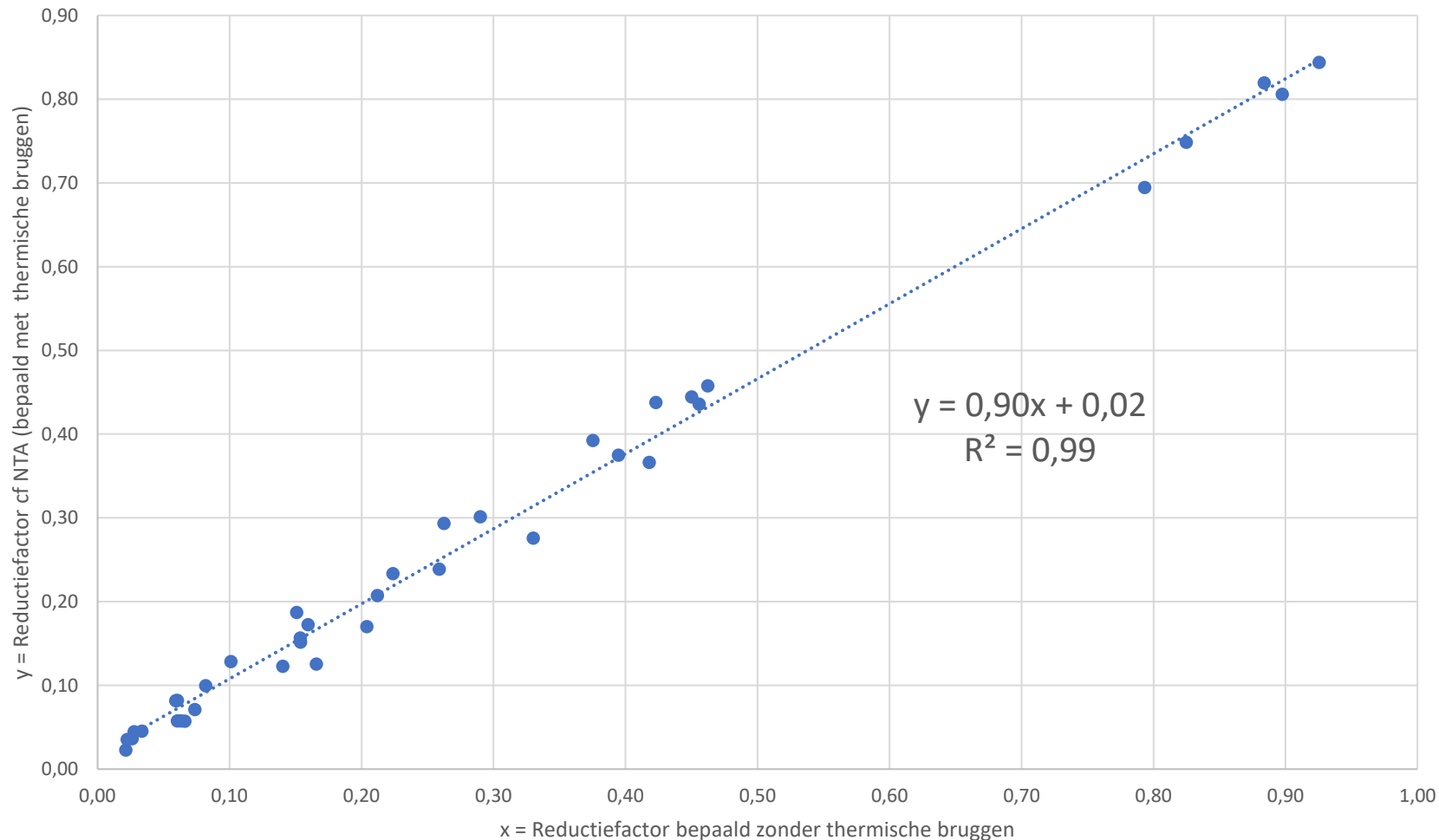


Conclusies:

- reductiefactor $b_u = 0,5 >$
Rc inwendig ca. 2,5
- reductiefactor $b_u = 0,2 >$
Rc inwendig ca. 1,0
- reductiefactor $b_u \leq 0,05 >$
Rc inwendig 0,15-0,20
(geen isolatie benodigd)

Reductiefactor b_u met/zonder thermische bruggen (ψ -waarden)

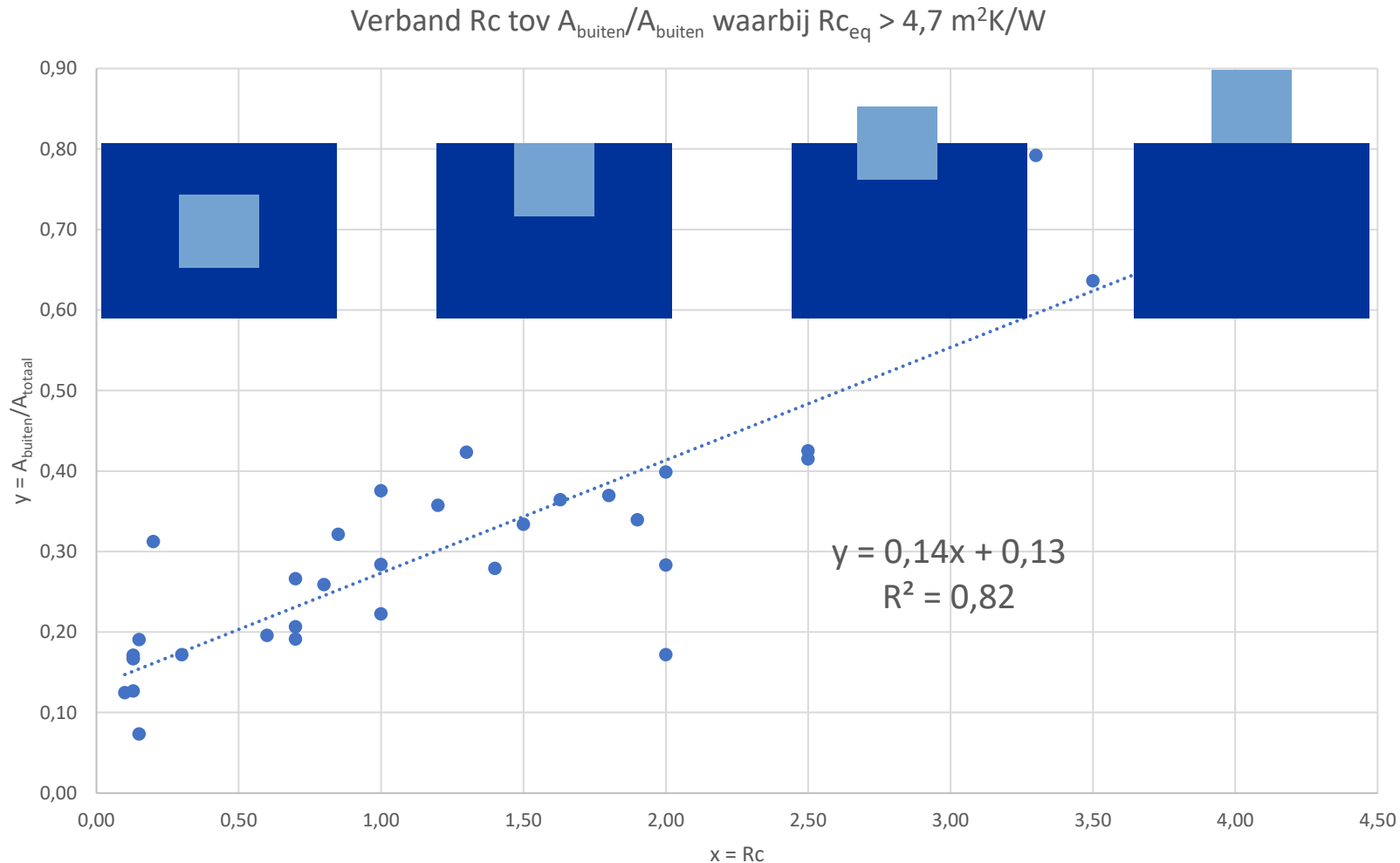
Verband reductiefactor obv wel of geen thermische bruggen



Conclusies:

- Zeer sterke relatie ($R^2 = 0,99$) met/zonder thermische bruggen
- Conform bepalingmethode in NTA 8800 vereist, maar meerwaarde rekenen met thermische bruggen dus beperkt.

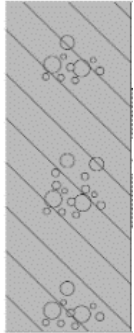
Verband benodigde Rc-inwendig versus $A_{\text{buiten}}/A_{\text{totaal}}$ (positie kern)



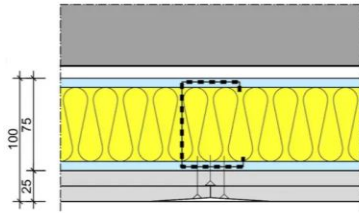
Conclusies:

- Significante relatie ($R^2 = 0,82$) positionering kern i.r.t. vereiste Rc-waarde inwendige scheiding.
- Afwijkingen m.n. bepaald door:
 - percentage openingen (ramen/deuren) in inwendige/uitwendige scheiding kern.
 - Aantal bouwlagen.
- O.b.v. positie kern in woongebouw kan redelijk goede inschatting worden gemaakt van vereiste isolatiemaatregelen.

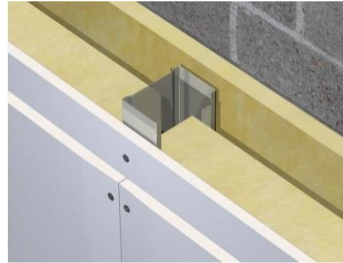
Opbouw interne scheiding (dragend-niet dragend) i.r.t. vereiste Rc-waarde



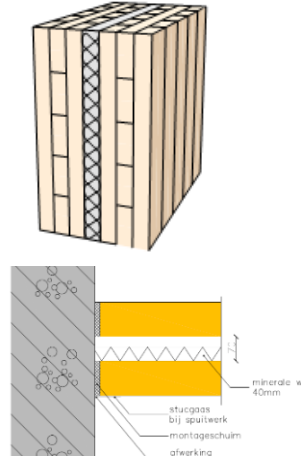
$R_c \approx 0,2$



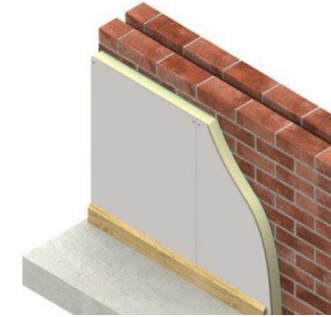
$R_c \approx 1,0$



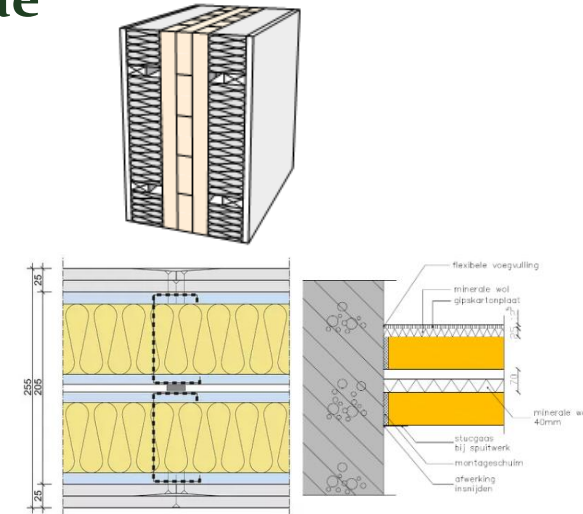
$R_c \approx 1,0-2,5$



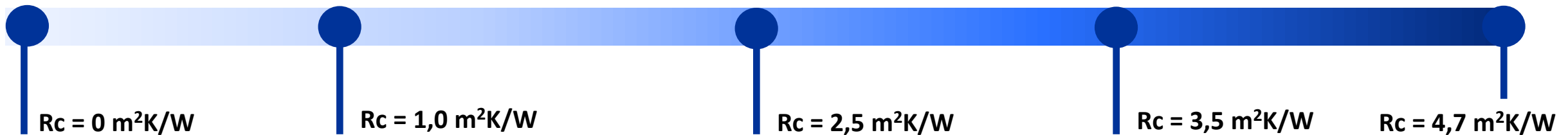
$R_c \approx 2,5$



$R_c \approx 2,5-4,7$



$R_c \approx 4,7$



Vragen?